

[illegible]

Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

Sumário

Apresentação	1
Descrição de Brasília	2
Resultados	9
Discussão	21
Plano de Redução de Ruídos - PRR	24
Referências Bibliográficas	30

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Figura 1 – Vias S1 (esquerda) e N1 (direita)	5
Figura 2 – Leq - horário de pico, matutino	10
Figura 3 – Leq - horário de pico, vespertino	11
Figura 4 - Mapa de conformidade, matutino	12
Figura 5 - Mapa de conformidade, vespertino	13
Figura 6 – Mapa de ruído - Lden	14
Figura 7 – Mapa de ruído - Ln	15

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Evolução da frota de veículos.....	4
Tabela 2 – Comparação da evolução da população e frota de veículos.....	4
Tabela 3 – Nível de critério de avaliação RL para ambientes externos, em dB(A)	16
Tabela 4 – Percentual da população e da área exposta por classe do indicador Leq , na área central.....	17
Tabela 5 – População exposta por classe dos indicadores, dB(A)	17
Tabela 6– Área exposta por classe dos indicadores, dB(A).....	18
Tabela 7 – Comparação entre Brasília e Cidade do Porto, Lden dB(A)	18
Tabela 8 – Pessoas incomodadas pelo tráfego rodoviário.....	19
Tabela 9 – Pessoas com distúrbios no sono	20
Tabela 10 – Atenuação sonora proporcionada por vegetação densa	29

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

Apresentação

Este documento tem como objetivo apresentar os resultados do Projeto 914BRZ2001 - ESTUDO DE RUÍDO AMBIENTAL, COM FOCO NO RUÍDO VEICULAR, que trata do ruído ambiental gerado pelo tráfego de veículos em Brasília, que teve como objetivo principal avaliar o impacto sonoro provocado pelo transporte rodoviário em Brasília – DF. Para tanto foram elaborados os mapas estratégicos de ruídos para os parâmetros acústicos Lden, Ln Leq - pico, calculada a área e população exposta por faixa desses indicadores de ruídos, o percentual das pessoas incomodadas e altamente incomodadas por faixa do indicador Lden. As regiões mais críticas em relação as condições de conforto acústico foram identificadas e para esses locais a recomendação da adoção de ações que visem à redução dos ruídos, através de um Plano de Redução de Ruídos (PRR).

Como complemento do trabalho há um anexo contendo o detalhamento da metodologia utilizada no estudo, os dados de entrada para o cálculo dos mapas, os dados referentes à validação, as figuras do tipo de ocupação do solo para cada uma das regiões de estudo, os parâmetros acústicos utilizados no trabalho e a equipe envolvida no projeto.

DESCRIÇÃO DE BRASÍLIA

Descrição de Brasília

Brasília, capital federal do Brasil, é também a sede do governo do Distrito Federal. Brasília refere-se apenas à Primeira Região Administrativa (RA) do Distrito Federal (DF), onde os edifícios governamentais mais importantes estão localizados. A capital tem um estatuto único no Brasil, já que é uma divisão administrativa, não é município, como quase todas as outras cidades do país. Segundo Costa (2011), o Distrito Federal organiza-se em Regiões Administrativas, que é considerado como o espaço geo-político-econômico com administração própria subordinada aos poderes Executivo, Legislativo e Judiciário, municipal, estadual ou distrital.

O plano urbanístico da capital, conhecido como Plano Piloto, foi elaborado pelo urbanista Lúcio Costa, que, aproveitando o relevo da região, adequou-o ao projeto do lago Paranoá, concebido em 1893 pela Missão Cruls (COSTA, 2011). A cidade começou a ser planejada e desenvolvida em 1956 por Lúcio Costa e pelo arquiteto Oscar Niemeyer. Vista de cima, a principal área da cidade se assemelha ao formato de um avião ou de uma borboleta.

Plano Piloto, área tombada como Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization e pelo IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Cultural, consiste no Eixo Rodoviário (Eixão) no sentido norte-sul, e Eixo Monumental no sentido leste-oeste. O Eixo Rodoviário é formado pelas asas Sul e Norte e pela parte central, onde as asas se encontram sob a Rodoviária do Plano Piloto. As asas são áreas compostas basicamente pelas superquadras residenciais, quadras comerciais e entrequadras de lazer e diversão. O Eixo Monumental é uma via que se localiza no centro do Plano Piloto de Brasília. Estende-se por dezesseis quilômetros, fazendo a ligação entre a Rodoferroviária de Brasília (a oeste) e a Praça dos Três Poderes (a leste).

DESCRIÇÃO DE BRASÍLIA

O processo de urbanização e o crescimento constante do tráfego rodoviário levam a um número crescente de problemas ambientais, dentre eles destaca-se ruído, que nas zonas urbanas é a principal fonte de contaminação acústica na maioria das grandes cidades. A Organização Mundial de Saúde considera o ruído no meio ambiente como um dos principais problemas ambientais (WHO, 2009).

Segundo Dantas (2011) o histórico da evolução do trânsito em Brasília remete ao histórico da própria evolução de Brasília como cidade e encontra ecos em todas as suas fases de desenvolvimento. Suas longas distâncias, suas calçadas interrompidas, seu terreno irregular e seu comércio e serviços setorizados apresentam-se como um desestímulo à atividade de andar a pé, enquanto as largas avenidas, vias de velocidade rápida e malha viária sem semáforos (à época da construção) são um estímulo extra para o deslocamento através do automóvel.

Aliam-se a estes cenários fatores da evolução de Brasília como cidade, tais como a criação das Regiões Administrativas (RA) longes umas das outras, porém dependentes entre si e do Plano Piloto, o sistema de transporte público ineficiente e inoperante, a ausência de políticas públicas de incentivo à construção de ciclovias e o sistema metroviário planejado para atender apenas a uma parte da população, dentre outras (DANTAS, 2011). Em Brasília há os movimentos pendulares, que são deslocamento diário da população entre cidades, no caso Brasília e as outras Regiões Administrativas e como consequência tem-se o elevado número de veículos em circulação na cidade. Estima-se que mais de 1.230.000 pessoas se desloquem diariamente entre Brasília e as demais RAs

Brasília apesar de ser uma cidade jovem e planejada sofre as consequências do processo de urbanização e adensamento populacional relatado acima. Em Brasília a principal fonte móvel de ruído ambiental é o fluxo veicular. A poluição sonora provocada por este tipo de contaminante tende a aumentar, pois no Distrito Federal (DF) a taxa média de crescimento da frota de veículos é de 7,7% ao ano (DETRAN-DF, 2012). Na Tabela 1 é apresentada a evolução da frota de veículos entre o ano de 2000 e 2011, no período de 12 anos o aumento observado foi de 125%.

DESCRIÇÃO DE BRASÍLIA

Tabela 1 – Evolução da frota de veículos

Ano	Frota	Diferença	Variação (%)
2000	585.424		
2001	651.342	65.918	11,3
2002	688.746	37.404	5,7
2003	732.138	43.392	6,3
2004	775.112	42.974	5,9
2005	821.352	46.240	6,0
2006	883.676	62.324	7,6
2007	964.534	80.858	9,2
2008	1.046.638	82.104	8,5
2009	1.138.127	91.489	8,7
2010	1.233.000	94.873	8,3
2011	1.317.721	84.721	6,9

Fonte: (DETRAN, 2012)

Na Tabela 2 é apresentada uma comparação entre a evolução da frota e a população. Pode-se observar que no ano de 2000 a taxa de motorização, número de habitantes por veículos, era de 3,5, já em 2010 passou para 2,1.

Tabela 2 – Comparação da evolução da população e frota de veículos

Ano	2000	2010	Variação (%)
População	2.051.146	2.562.963	25,0
Frota de veículos	585.424	1.233.000	110,6

A seguir será feita uma breve descrição e caracterização das vias principais de Brasília, objeto de estudo desse trabalho.

DESCRIÇÃO DE BRASÍLIA

CARACTERÍSTICAS DAS VIAS S1 E N1 (CAVALCANTI, 2012)

A via do lado sul de Brasília, apresentada da Figura 1, é a S1, pista que liga a Estação Ferroviária a Praça dos Três Poderes. Tem seis faixas de rodagem em sentido único (para leste), com 3,5 metros de largura em cada faixa.

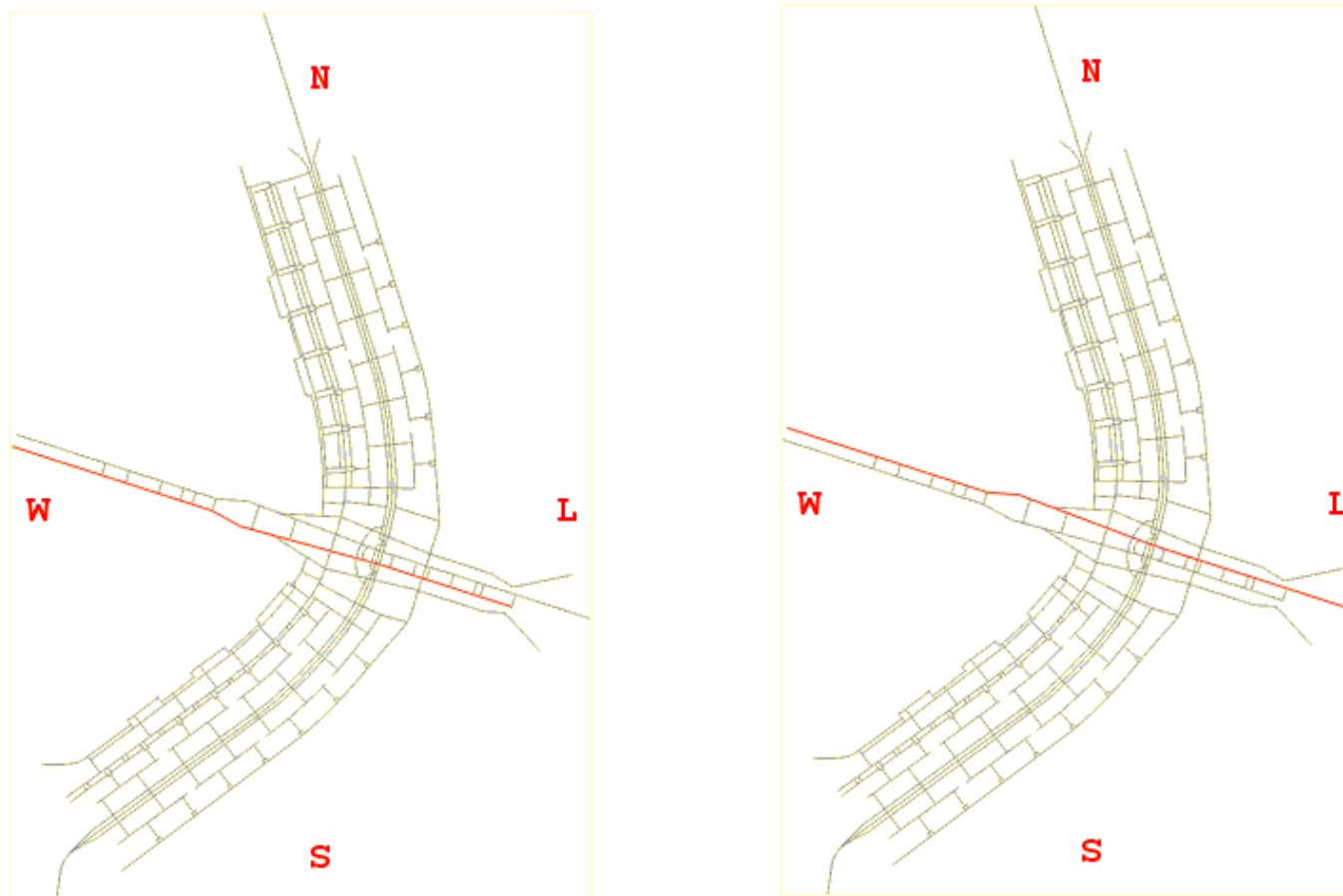


Figura 1 – Vias S1 (esquerda) e N1 (direita)

O limite de velocidade nas vias é de 60 km/h e o trânsito é interrompido por diversos semáforos para travessia de pedestres e acesso de veículos provenientes de outras vias, inclusive, dos retornos da N1. O único cruzamento direto, de fato, é o dos ônibus que partem

DESCRIÇÃO DE BRASÍLIA

da Estação Rodoviária para o Eixo Rodoviário Sul, ou chegam ao sentido inverso. A outra via é a N1, que liga a pista que sobe da Praça dos Três Poderes à antiga Estação Ferroviária, apresentando as mesmas características da S1.

CARACTERÍSTICAS DAS VIAS EIXO CENTRAL, EIXOS L E W, W3 E L2 (CAVALCANTI, 2006)

Eixão - O Eixo Rodoviário de Brasília (DF-002), conhecido como Eixão, é junto com o Eixo Monumental uma das duas linhas que se entrecruzam dando a forma básica ao Plano Piloto de Brasília, na Figura 2 está apresentado o Eixo Central.

É a principal via de acesso à cidade, do sul e do norte, planejada para oferecer rapidez, possui 13,5 km de extensão. Enquanto o Eixo Monumental é uma via reta em torno da qual se distribuem órgãos governamentais e culturais, o Eixo Rodoviário tem forma de arco e tem em seu perímetro quadras residenciais da Asa Norte e da Asa Sul.

A pista central tem três faixas de rodagem em cada sentido, sem semáforos ou faixas de pedestres, com limite de velocidade fixado em 80 km/h. A velocidade é reduzida na travessia da Rodoviária, no centro da cidade. O trânsito de caminhões é proibido nesta via e o de ônibus é reduzido.

Os Eixos leste e oeste (L e W) são vias secundárias (60 km/h), são a rota principal dos ônibus regiões administrativas e cidades do entorno de Brasília que passam pela Rodoviária Central.

A L2 é uma via secundária, com três faixas de rodagem em cada sentido, com canteiro central, apresenta muitas travessias para pedestres — com ou sem semáforo — das quadras residenciais "400" para a faixa de escolas, igrejas, serviços de saúde e outras instituições não comerciais situadas nas quadras 600. Na Figura 2 estão apresentadas as vias Eixo Central, L2, Sul e Norte e W3 Sul e Norte.

DESCRIÇÃO DE BRASÍLIA

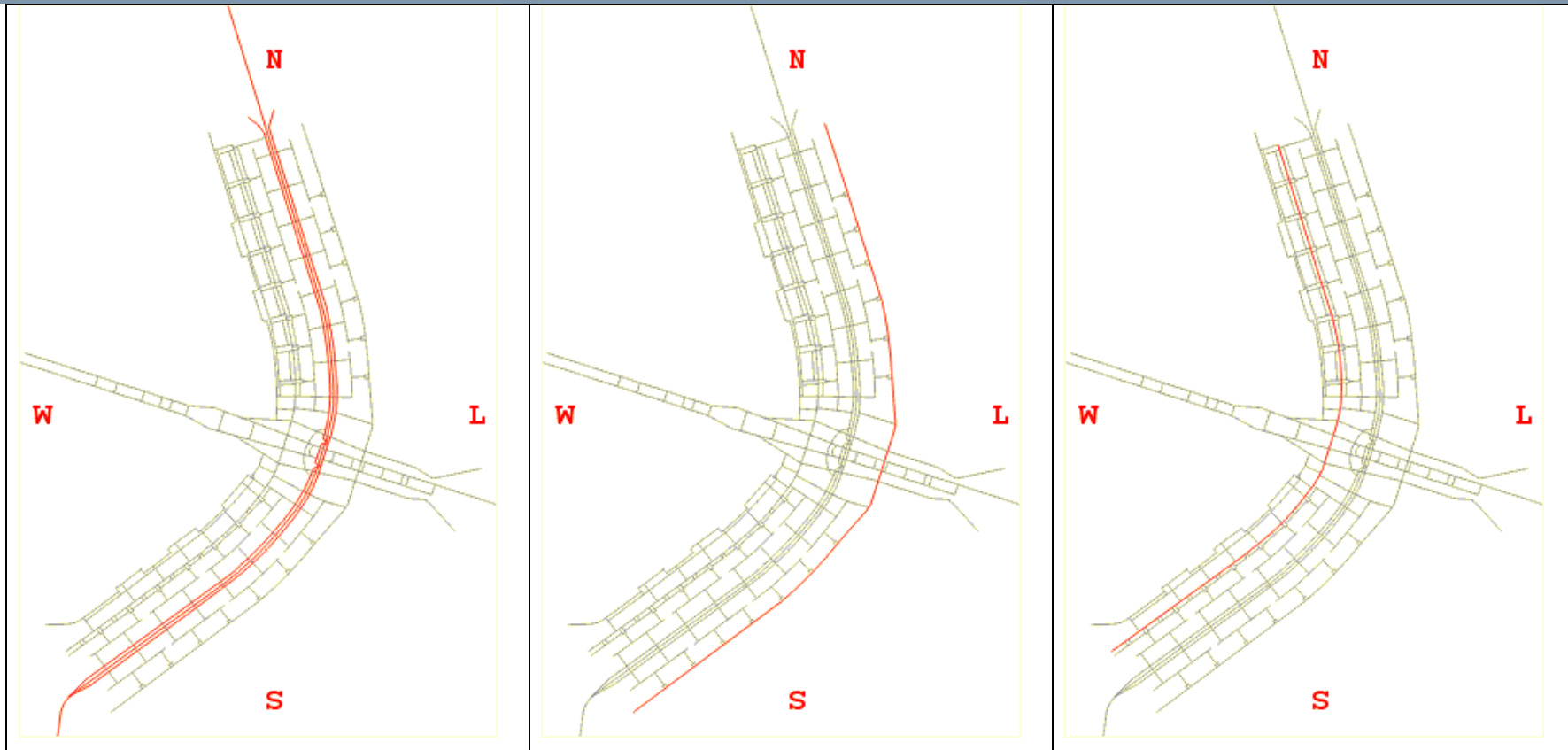


Figura 2 – Eixo Central (a), Vias L2, Sul e Norte (b), Avenidas W3, Sul e Norte (c)

Fonte (<http://doc.brazilia.jor.br/Vias/MapasGIF/ppEixos.gif>, <http://doc.brazilia.jor.br/Vias/MapasGIF/ppL2.gif>, <http://doc.brazilia.jor.br/Vias/MapasGIF/ppW3.gif>)

A Avenida W3 Norte é uma via secundária (60 km/h) com inúmeros acessos às vias locais, entrada e saída de estacionamentos. Com três faixas de rodagem em cada sentido e estacionamento apenas no canteiro central, é percorrida por várias linhas de ônibus.

DESCRIÇÃO DE BRASÍLIA

O aprimoramento das técnicas de modelagem da emissão e propagação sonora, juntamente com o aumento da capacidade de memória e cálculo dos sistemas computacionais, permitiu o aparecimento nos últimos anos de programas capazes de modelar, com boa precisão e relativa rapidez, as mais complexas situações de geração e propagação de ruído. Os resultados são apresentados sob a forma de linhas isofônicas e/ou regiões coloridas, representando as áreas cujo nível de ruído se situa numa dada faixa de valores, sendo designados por mapas de ruído.

De acordo com as Diretrizes Portuguesas para Elaboração de Mapas de Ruídos (APA, 2011), um mapa de ruído é uma representação geográfica do ruído ambiente exterior, onde se visualizam as áreas às quais correspondem determinadas classes de valores expressos em dB(A), reportando-se a uma situação existente ou prevista. Um mapa de ruído constitui, essencialmente, uma ferramenta de apoio à decisão sobre planejamento e ordenamento do território que permite visualizar condicionantes dos espaços por requisitos de qualidade do ambiente acústico devendo, portanto, ser adotado na preparação dos instrumentos de ordenamento do território e na sua aplicação. Os mapas de ruídos serão utilizados como ferramentas para este estudo. A vantagem da modelação está na precisão e no planejamento ambiental em longo prazo.

RESULTADOS

Resultados

MAPAS

Para o estudo foram gerados vários mapas que serão apresentados na sequência.

- Nível de pressão sonora equivalente (Leq) referentes aos horários de pico, para os turnos matutino e vespertino. Esses mapas representam as situações mais críticas.
- Mapas de conformidade para os horários de pico nos dois turnos. Representam a diferença dos NPS entre o valores obtidos pela simulação e os limites impostos pela legislação, que são os mapas do uso e ocupação solo, apresentados no Anexo.
- Mapa para o parâmetro Lden, que representa o nível de pressão sonora para 24 horas.
- Mapa do Ln, nível de pressão sonora para o período noturno.

Além dos mapas impressos, apresentados no relatório, estão sendo entregues os arquivos no formato kmz, que podem ser acessados através do Google Earth, dos seguintes Mapas: Leq – horário de pico matutino e vespertino, Lden e Ln.

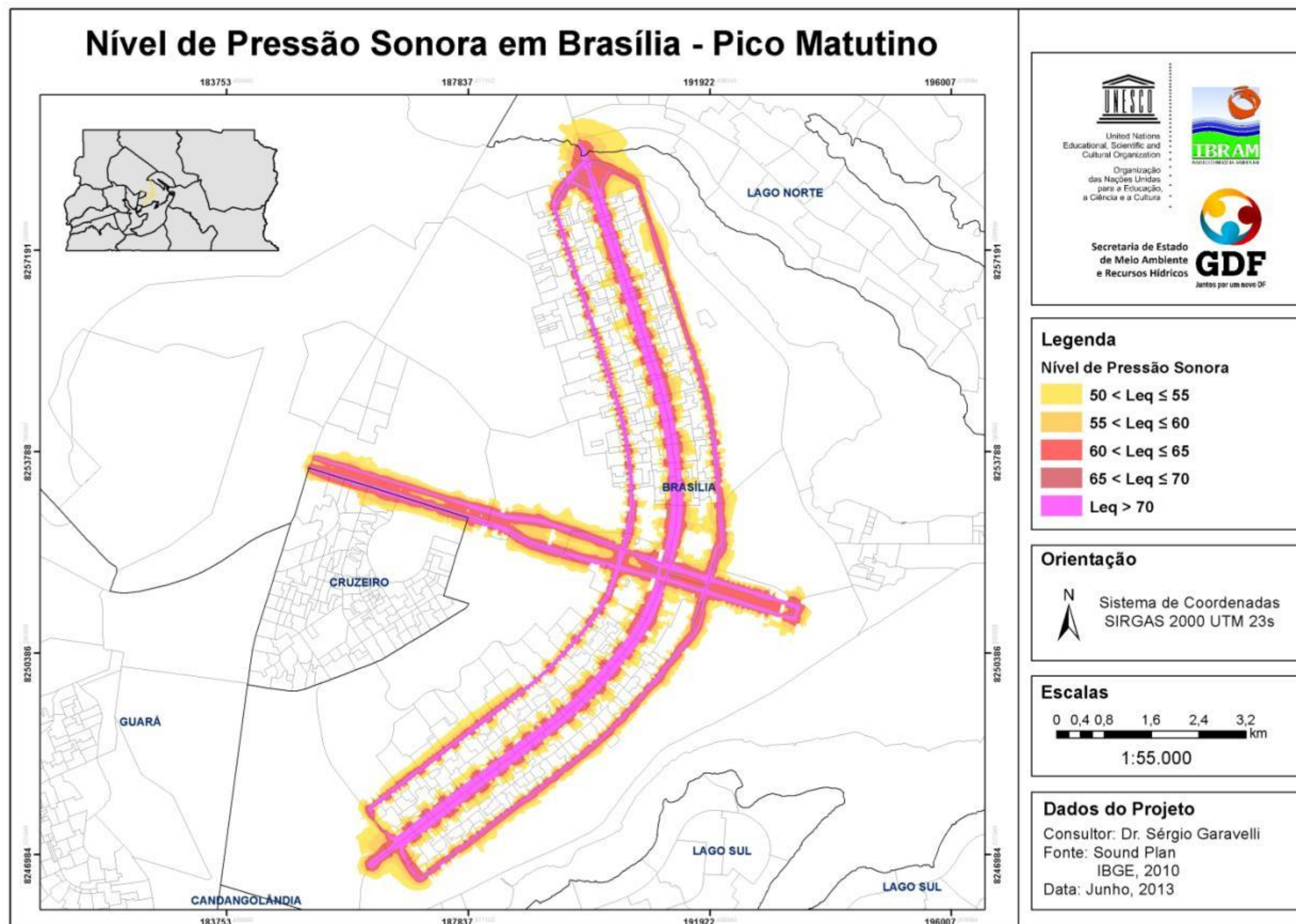


Figura 2 – Leq - horário de pico, matutino

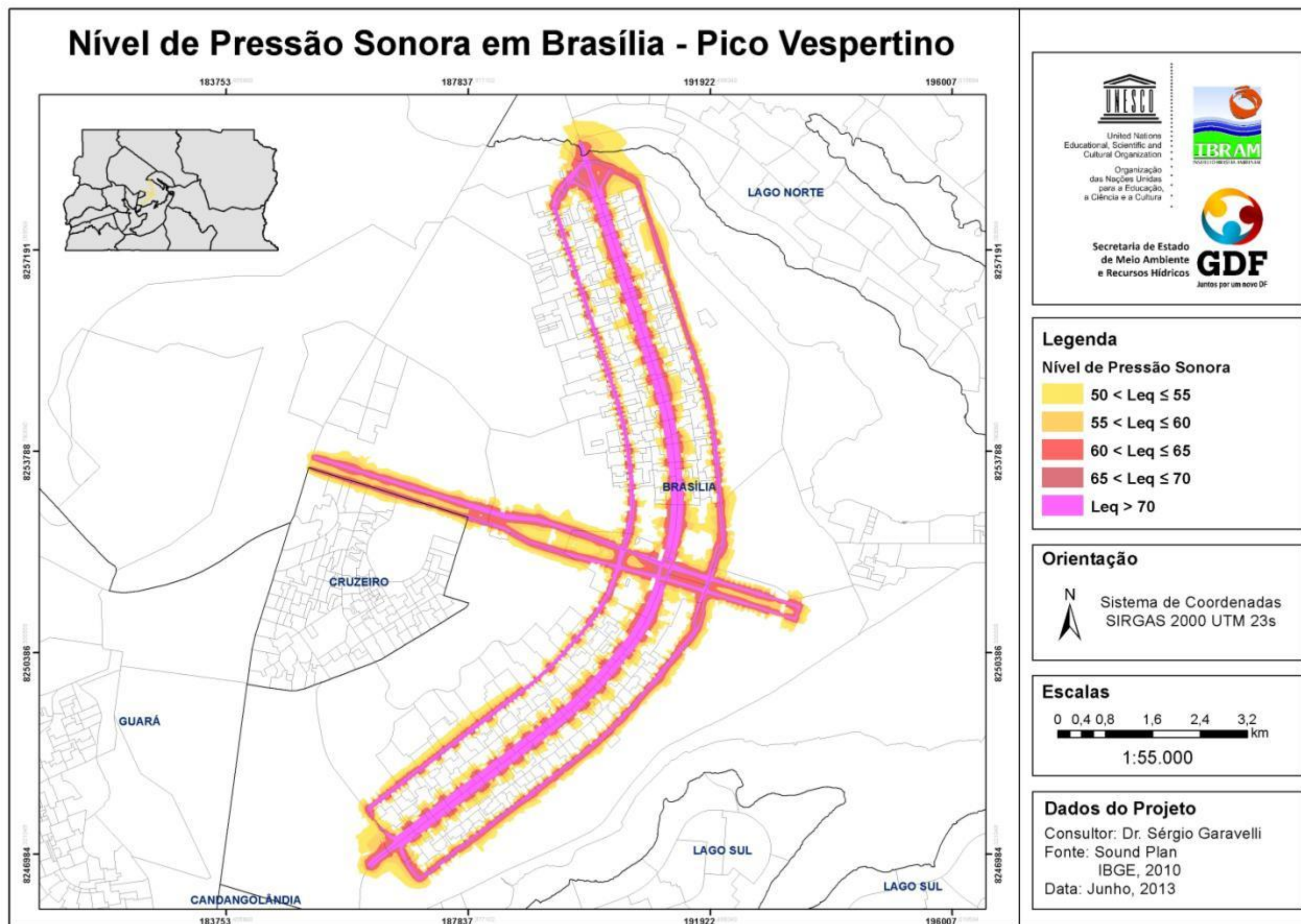


Figura 3 – Leq - horário de pico, vespertino



Figura 4 - Mapa de conformidade, matutino

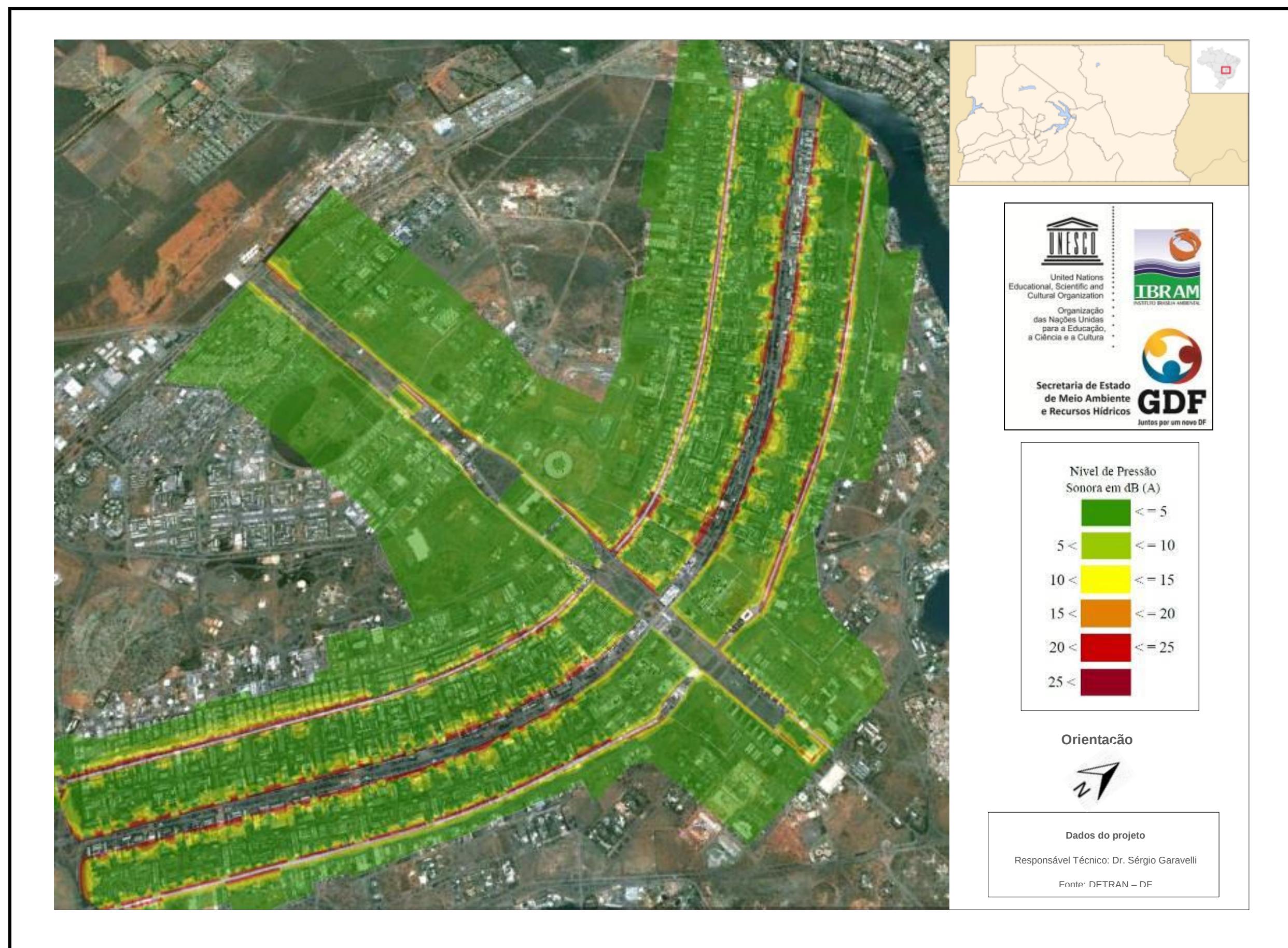


Figura 5 - Mapa de conformidade, vespertino

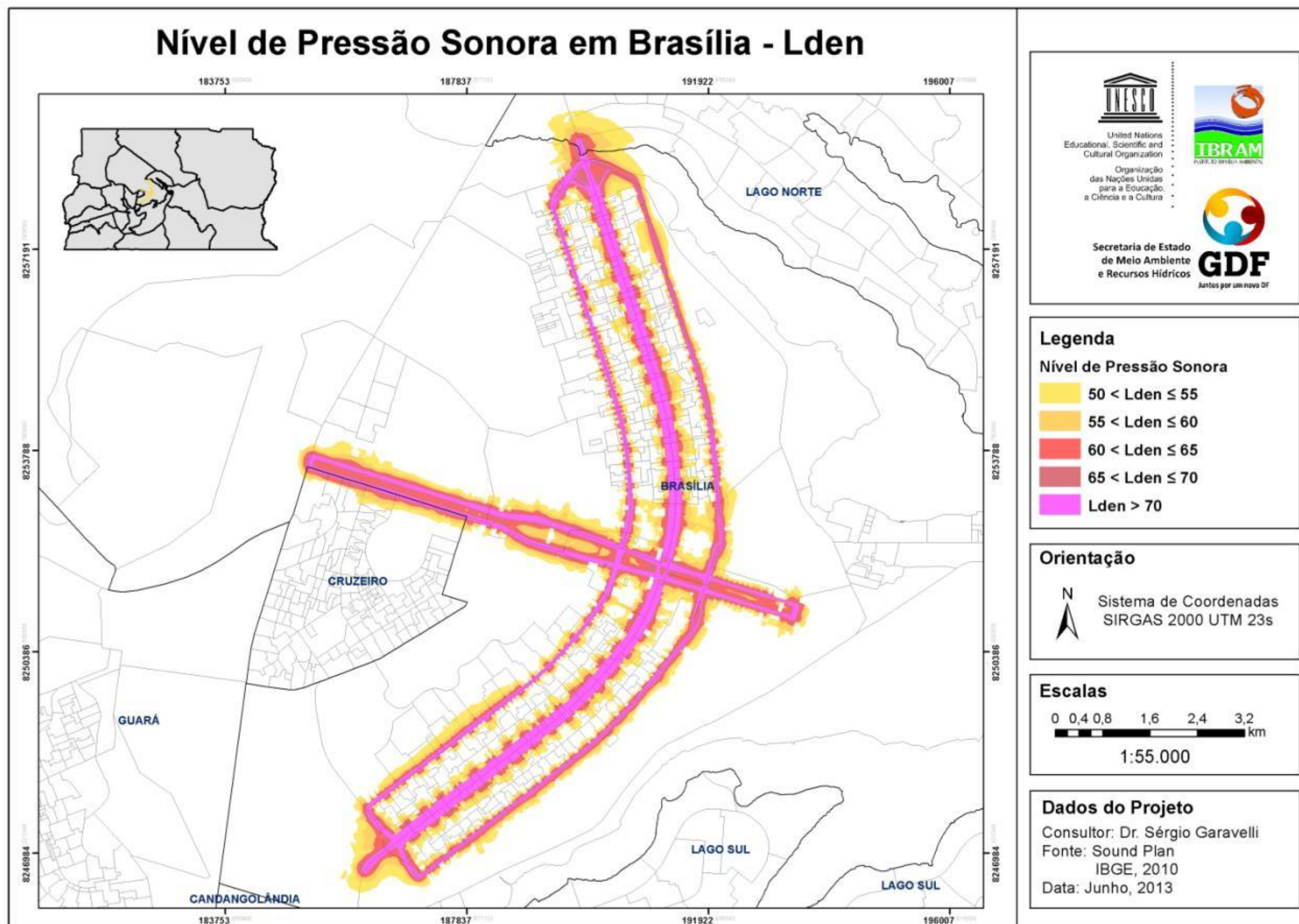


Figura 6 – Mapa de ruído - Lden

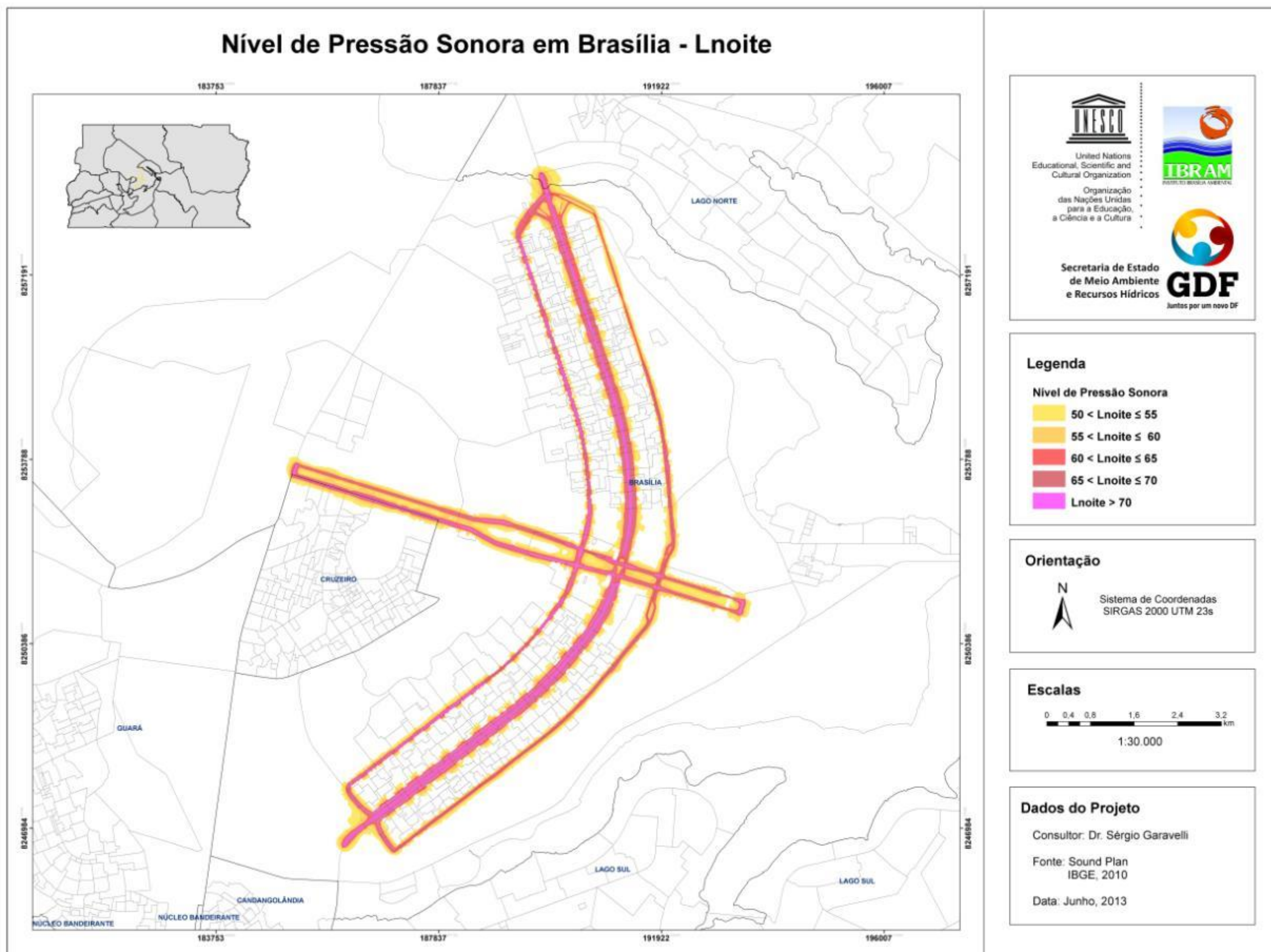


Figura 7 – Mapa de ruído - Ln

RESULTADOS

Na proposta de revisão da NBR 10.151 (2012) o parâmetro L_{den} é adotado como referência para o cálculo do nível equivalente de pressão sonora de longo prazo, parâmetro que é adotado na comunidade europeia desde 2002. A Legislação brasileira atual ainda não contempla esse parâmetro, porém a mesma está em processo de atualização (NBR 10.151), na Tabela 3 estão apresentados os limites de avaliação dos resultados RL_{diurno} e $RL_{noturno}$, neste caso os parâmetros são o L_{den} e L_n , proposto para a norma que está sendo atualizada.

Tabela 3 – Nível de critério de avaliação RL para ambientes externos, em $dB(A)$

Tipos de áreas por finalidade de uso e ocupação do solo	Limites de níveis sonoros	
	RL_{diurno}	$RL_{noturno}$
Áreas de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	40
Área mista predominantemente residencial	55	45
Área mista com predominância ou vocação comercial e/ou administrativa	60	50
Área mista com predominância ou vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10.151 (ABNT, 2012)- Proposta

Na Tabela 4 é apresentado o percentual da área e população exposta por classe do indicador Leq , para a área central, local onde está a maioria dos prédios administrativos de Brasília. Conforme pode ser observado, a grande maioria da população, 91,2%, encontra-se na faixa do Leq menor que 50 $dB(A)$. Apesar de 10,5% da área estar na faixa acima de 70 $dB(A)$, não foram encontradas residências nessas localidades.

RESULTADOS

Tabela 4 – Percentual da população e da área exposta por classe do indicador Leq , na área central

Leq dB(A)	Área (m²)	% da área	No. de Residências	% População
$L_{eq} \leq 50$	5.984.358	50,4	850	91,2
$50 < L_{eq} \leq 55$	1.235.622	10,4	54	5,7
$55 < L_{eq} \leq 60$	1.145.542	9,6	19	2,0
$60 < L_{eq} \leq 65$	1.298.202	10,9	8	0,8
$65 < L_{eq} \leq 70$	974.945	8,2	2	0,2
$L_{eq} \geq 70$	1.243.930	10,5	0	0,0

Na Tabela 5 estão apresentados os percentuais da população exposta por classe dos indicadores Lden, Ln, Leq (pico matutino) e Leq (pico vespertino), para Brasília.

Tabela 5 – População exposta por classe dos indicadores, dB(A)

	≤ 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	≥ 70	Σ >55
Lden	138.252	47.851	17.882	11.428	7.772	4.709	41.791
	60,4%	20,9%	7,8%	5,0%	3,4%	2,1%	18,3%
Ln	188.836	20.451	11.164	4.281	2.668	494	18.607
	82,9%	9,0%	4,9%	1,9%	1,2%	0,2%	8,2%
Leq pico matutino	153.894	37.313	17.191	10.012	6.751	2.733	36.687
	67,5%	16,4%	7,5%	4,4%	3,0%	1,2%	16,1%
Leq pico vespertino	146.847	39.947	22.065	8.365	6.652	4.018	41.100
	64,4%	17,5%	9,7%	3,7%	2,9%	1,8%	18,1%

RESULTADOS

Na Tabela 6 está a área exposta pelas mesmas classes de indicadores de ruídos ambientais. Na Tabela 7 é feita uma comparação entre os valores obtidos para o parâmetro Lden de Brasília e da Cidade do Porto (Pt).

Tabela 6– Área exposta por classe dos indicadores, dB(A)

	≤ 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	≥ 70	Σ >55
Lden	4.667,0	623,6	417,7	331,9	275,9	606,3	1631,8
	67,4%	9,0%	6,0%	4,8%	4,0%	8,8%	23,6%
Ln	5.565,6	353,0	304,6	242,3	311,5	145,4	1003,8
	80,4%	5,1%	4,4%	3,5%	4,5%	2,1%	14,5%
Leq pico matutino	4.894,1	546,9	373,8	318,4	256,1	533,0	1481,3
	70,7%	7,9%	5,4%	4,6%	3,7%	7,7%	21,4%
Leq pico vespertino	4.977,2	539,9	373,8	290,7	249,2	491,5	1405,2
	71,9%	7,8%	5,4%	4,2%	3,6%	7,1%	20,3%

Área em hectare (1ha = 10.000 m²)

Tabela 7 – Comparação entre Brasília e Cidade do Porto, Lden dB(A)

	≤ 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	≥ 70	Σ >55
Brasília	138.252	47.851	17.882	11.428	7.772	4.709	41.791
	60,4%	20,9%	7,8%	5,0%	3,4%	2,1%	18,3%
Cidade do Porto*	56.339	52.901	54.825	36.817	30.478	31.771	153.891
	21,4%	20,1%	20,8%	14,0%	11,6%	12,1%	58,5%

*Fonte: (Afonso, 2010) adaptado

Na literatura científica há diversos trabalhos que estabelecem uma relação entre um determinado ruído ambiente, segundo a sua fonte (aéreo, rodoviário e ferroviário) e o percentual de pessoas incomodadas e altamente incomodadas (Bento, 2011). A seguir é apresentado um modelo dose-resposta referente ao tráfego rodoviário. Na equação (1) o modelo descreve o percentual de pessoas incomodadas (PI) e na (2) o percentual de pessoas altamente incomodadas (PAI) em função do indicador Lden (Directiva 2002/49/CE).

RESULTADOS

$$\%PI = 1,795 \times 10^{-4} \times (Lden - 37)^3 + 2,110 \times 10^{-2} \times (Lden - 37)^2 + 0,5353 \times (Lden - 37) \quad (1)$$

$$\%PAI = 9,868 \times 10^{-4} \times (Lden - 42)^3 - 1,436 \times 10^{-2} \times (Lden - 42)^2 + 0,5118 \times (Lden - 42) \quad (2)$$

Na Tabela 8 são apresentados os resultados das pessoas incomodadas e altamente incomodadas pelo tráfego rodoviário em função do Lden dB(A), os cálculos foram realizados com os dados da Tabela 5 utilizando as equações 1 e 2. Na segunda coluna é apresentada a população exposta por faixa do indicador Lden.

Tabela 8 – Pessoas incomodadas pelo tráfego rodoviário

Lden dB(A)	População exposta	% da população	Pessoas incomodadas		Pessoas altamente incomodadas	
			%	Pessoas	%	Pessoas
≥ 65	12.481	5%	47%	5.866	24%	2.995
≥ 60	23.909	10%	35%	23.909	16%	3.825
≥ 55	41.791	18%	26%	10.865	10%	4.179
Total				16.731 (7,3%)		7.174 (3,1%)

A OMS (Organização Mundial da Saúde) através de um grupo de especialistas (WHO, 2009) que analisou diversos trabalhos científicos fez recomendações indicando limites para o ruído noturno. Estas recomendações têm como objetivo subsidiar futuras legislações para os países membros da comunidade europeia (EC). O valor de 55 dB(A) é indicado quando o limite de 40 dB(A) para o Ln onde não pode ser alcançado num curto prazo, nesse trabalho foi adotado como referência o limite de 55 dB(A) para o parâmetro Ln. As equações 3 e 4 mostram o modelo dose-resposta para pessoas incomodadas e altamente incomodadas durante o sono devido o ruído gerado pelo tráfego rodoviário (ECWG, 2004).

RESULTADOS

$$\%PSI = 13,8 - 0,85 \times Ln + 0,01670 \times Ln^2 \quad (3)$$

$$\%PSAI = 20,8 - 1,05 \times Ln + 0,01486 \times Ln^2 \quad (4)$$

Na Tabela 9 são apresentados os resultados das pessoas com distúrbios no sono e com elevados distúrbios no sono provocado pelo tráfego rodoviário.

Tabela 9 – Pessoas com distúrbios no sono

Ln dB(A)	População	%	Pessoas com distúrbios no sono		Pessoas com elevados distúrbios no sono	
			%	Pessoas	%	Pessoas
≥ 65	3.162	1%	36%	1.138	20%	632
≥ 60	7.443	3%	29%	2.158	15%	1.116
≥ 55	18.607	8%	22%	4.094	11%	2.046
Total			7.390 (3,2%)		3.794 (1,7%)	

Discussão

Em Brasília o transporte individual é muito utilizado, em detrimento do coletivo, o que provoca um aumento significativo da quantidade de veículos nas vias. Além dos congestionamentos, que já são comuns nos horários de pico, o crescimento acelerado da frota e a opção pelo transporte individual provocam um aumento da contaminação acústica. Os dados referentes à composição de veículos, percentual de veículos leves e pesados, mostram que aproximadamente 95% dos veículos são leves, que são os responsáveis pelo transporte individual.

Além da movimentação da população residente no Plano Piloto, acontecem os movimentos pendulares, que são deslocamentos diários da população entre cidades, no caso, Brasília e as outras Regiões Administrativas e cidades do entorno, que provocam o aumento do número de veículos em circulação na cidade.

Não há evidências que as condições de conforto acústico tenham sido levadas em conta no projeto urbanístico de Brasília, porém os resultados mostram que a configuração urbanística adotada em Brasília influencia de maneira substancial e positiva o clima acústico da cidade. As principais vias de circulação contam com estrutura hierárquica, com as vias de circulação rápida localizadas no centro, no caso do Eixo, e mais distante das residências. Nas quadras residenciais as vias são sinuosas, sem saída, impedindo o tráfego de passagem, são de baixa velocidade, desestimulando o tráfego de passagem que não se destine a elas. Todos esses fatores favorecem melhores condições de conforto acústico.

A característica da movimentação dos veículos nas vias S1 e N1 influencia diretamente o mapa de ruídos das regiões circunvizinhas a essas vias, e toda região central de Brasília. Conforme pode ser observado nos mapas, os níveis de pressão sonora no matutino são maiores próximos à Via S1, tendência invertida no vespertino, onde os maiores níveis estão na N1. Apesar do grande número de veículos que trafegam nas vias S1 e N1, o número de residências e prédios comerciais e administrativos afetados diretamente pelo ruído gerado é relativamente pequeno.

DISCUSSÃO

A área central de Brasília é essencialmente administrativa, assim o ruído gerado a partir dessas vias atinge um pequeno número de residentes. Outro fator que justifica a pequena população exposta na faixa de ruído mais significativa, é a distância relativamente grande entre as vias principais de tráfego e as residências. Vias com potencial de fluxo elevado, distantes de residências, é uma boa prática para a melhoria do clima acústico de uma cidade.

A área exposta a NPS acima de 70 dB(A), encontram-se na própria faixa de rolamento das vias S1 e N1 e nas regiões adjacentes às mesmas. A fachada de alguns edifícios comerciais e administrativos é atingida por esses NPS, principalmente as que estão localizadas mais próximas às vias. Nenhuma zona residencial encontra-se nessa faixa, na Área Central.

Os edifícios situados mais próximos às vias, na Esplanada dos Ministérios, Setor Hoteleiro Sul e Norte e na região do Palácio do Buriti, sede do governo local, tem sua fachada na faixa do Leq acima de 65 dB(A). Aproximadamente 19% (2.2245.811 m²) da área encontra-se nessa situação. A legislação prevê um limite de 60 dB(A) para área mista, com vocação comercial e administrativa. Para estas localidades recomenda-se atenção especial na elaboração do PRR – Plano de Redução de Ruídos. Os mapas apresentados no formato kmz permite identificar essas regiões com maior precisão.

A região situada na faixa entre 60 e 65 dB(A) corresponde a 10,9% (1.295.203 m²) da área de estudo, representa um baixo potencial de impacto por estar somente até 5 dB(A) acima do limite da Legislação. A maior parte da área 70,4% (8.365.350 m²) encontra-se numa faixa dos NPS abaixo de 60 dB(A). Pode-se concluir do estudo que os níveis de pressão sonora gerados pelo tráfego rodoviário nas Vias S1 e N1 apresentam um pequeno potencial de impacto na população residente na área central de Brasília.

As conclusões a seguir aplicam-se a toda Brasília, ao contrário das anteriores, que tratavam exclusivamente da área central. Apesar do elevado fluxo de veículos observados nas vias em estudo, Eixo Central, Eixos L e W, W3 e L2, o número de residências e prédios comerciais e administrativos afetados diretamente pelo ruído gerado é relativamente pequeno. O percentual de residentes na faixa de ruído maior que 70 dB(A) para o Lden, é aproximadamente 1%, sendo que para Ln a quantidade é desprezível.

Entre 60 e 70 dB(A) foram localizados 8,4% (Lden) e 3,1% (Ln) da população residente na área de estudo. Esses moradores estão localizados nos edifícios mais próximos aos Eixos L e W, além das vias W3 e L2. Conforme mostram os mapas de ruídos em muitos casos estes edifícios funcionam como barreiras acústicas dificultando a propagação dos ruídos para o interior das quadras.

Os resultados indicam que 18,3% da população está exposta ao Ln superior a 55 dB(A), limite superior indicado pela OMS, indicando a necessidade da implantação do PPR (Plano de Redução de Ruídos).

Pode-se concluir do estudo que os níveis de pressão sonora gerados pelo tráfego rodoviário nas vias Eixo Central, Eixos L e W, W3 e L2 apresentam um potencial de impacto significativo na população residente próximo às vias em estudo, o que não ocorre para os habitantes do interior das quadras. Vale ressaltar que foram identificados escolas e hospitais em zonas com os NPS acima do limite imposto pela Legislação.

Os resultados apontam somente uma pequena parcela da população que apresenta distúrbios no sono provocado pelo tráfego rodoviário. Vale ressaltar, que há um grande número de reclamações junto ao órgão ambiental do DF em relação ao ruído gerado pelos estabelecimentos comerciais, do tipo bares e similares, que funcionam no período noturno.

Plano de Redução de Ruídos - PRR

Esse trabalho teve como objetivo a apresentação dos resultados referentes ao Mapa de Ruídos de Brasília, as indicações de ações que visem à redução dos NPS nas áreas mais sensíveis, deverão ser propostas por um Plano de Redução de Ruídos (PRR), o que será apresentado a seguir são sugestões que poderão ser incorporadas nesse plano.

Em Portugal, a elaboração de um PPR para as zonas sensíveis e mistas é exigida quando a exposição ao ruído no exterior ultrapassa os limites legais. A Directiva Europeia 2002/49/EC também faz exigência semelhante. Isto significa que após a elaboração do Mapa de Ruído, deve-se elaborar um Plano de Redução de Ruído para regiões que não atendam aos quesitos de conformidade em relação aos níveis de pressão sonora.

O trabalho realizado por Carvalho e Rocha (2008), que é um Manual Técnico para a Implantação de Planos Municipais de Redução de Ruídos, serviu como referência para esta etapa. Segundo os autores o plano deverá constar de um estudo das áreas de intervenção em que serão indicadas e especificadas as ações, que visem reduzir os níveis de ruído para os limites estipulados pela legislação.

Segundo Afonso (2010) antes da implantação do PRR, para uma melhor percepção das áreas afetadas, deverá ser realizadas diversas ações de sensibilização e consulta aos intervenientes do processo, dentre as quais se destacam: consulta pública; monitoramento; estudo de mobilidade e promoção de transportes públicos e ações educativas.

A exposição ao ruído pode ser classificada de modo quantitativo utilizando um conjunto de indicadores como L_{eq} , L_{den} e L_n , porém a percepção dos cidadãos em relação à exposição poderá estar relacionada também com as características da fonte. Resultados de pesquisas indicam que o incômodo sentido depende entre outros fatores da fonte de ruído, da idade, sexo, fatores socioeconômicos, e mesmo a sensibilidade face à questão do ruído ambiental poderão influenciar o incômodo percebido, para o mesmo nível quantitativo de pressão sonora. Por isso a indicação de uma avaliação integrada, que consiste na elaboração de mapas, monitoramento e avaliação subjetiva.

PLANO DE REDUÇÃO DE RUÍDOS - PRR

A avaliação subjetiva é realizada com a utilização de um instrumento, questionário, que avalia a percepção do incômodo das pessoas. Por exemplo, um estudo de Carvalho Jr, Garavelli e Maroja (2012) teve por objetivo analisar a percepção de incômodo causado pelo ruído aeronáutico em zonas residenciais circunvizinhas ao Aeroporto Internacional de Brasília. Nessa pesquisa, os resultados das medidas físicas indicam quatro regiões com qualidade acústica comprometida e com potencial de incômodo, principalmente no período noturno. Da análise dos questionários constatou-se insatisfação quanto às interferências provocadas pelo barulho das aeronaves na realização de atividades cotidianas e os pesquisados indicaram como reações associadas ao ruído dores de cabeça, distúrbios no sono, estresse e dificuldade de concentração. Destaca-se que na região com menor ruído de fundo os respondentes são mais sensíveis ao barulho dos aviões. Além disso, verificou-se uma relação direta entre a percepção de incômodo e desconforto com os níveis de pressão sonora medidos.

Outro estudo integrado realizado em Águas Claras, DF (SILVA e GARAVELLI, 2012) teve como objetivo analisar incômodo causado pelos ruídos ambientais à população. Foi utilizado um instrumento, questionário, constituído de 20 questões fechadas com perguntas sobre aspectos relativos ao meio ambiente. Os resultados indicaram que as construções e obras foram consideradas como a principal fonte de incômodo, e que interferem e comprometem a realização de atividades importantes dos habitantes como a perturbação do sono, descanso, leitura, escrita, estudo e meditação. Um percentual de 48% dos respondentes considerou que o ruído aumentou nos últimos seis meses. O sexo feminino é mais sensível e mais afetado pelos ruídos do tráfego rodoviário e das construções e obras. A cidade, por estar exposta a elevados níveis de pressão sonora, experimenta um processo de degradação da sua qualidade sonora, com significativo potencial de incômodo à sua população.

As ações que tem por objetivo informar e envolver o público devem ser pensadas e executadas com muito cuidado, de preferência em parceria com profissionais da área de comunicação, pois é necessário ter em mente que o público-alvo não é especialista em Acústica Ambiental, assim deve-se evitar termos técnicos e explicações em demasiado científicas e detalhadas.

PLANO DE REDUÇÃO DE RUÍDOS - PRR

A utilização das diversas mídias para a divulgação dos resultados dos Mapas de Ruídos é indicada, inclusive com a criação de uma página na internet para esse fim. Adicionalmente posters, folders, ou mesmo dias especiais temáticos sobre o Ruído Ambiental poderão ser utilizados para uma ação massiva de informação e sensibilização.

Além dos autores citados anteriormente (CARVALHO e ROCHA, 2008), as indicações de medidas para diminuir e minimizar os efeitos dos níveis de ruídos sobre a população afetada também se baseou no trabalho do Afonso (2010), que realizou um estudo na cidade do Porto, Portugal. A área de Acústica Ambiental indica medidas a serem adotadas, de acordo com a seguinte ordem decrescente de prioridade.

1. Ações de redução na fonte de ruído.
2. Ações de redução no meio de propagação do ruído.
3. Ações de redução no receptor.

Segundo (AFONSO, 2010) das medidas indicadas, as relacionadas à redução atuando-se sobre o receptor devem ser consideradas excepcional e apenas em último recurso.

A principal forma de controlar os NPS num ambiente é a redução do ruído na fonte, que pode ser conseguida atuando, através de diversos mecanismos, alguns destes serão tratados em seguida.

Para o caso de Brasília é fortemente recomendado estudos de mobilidade urbana e promoção de transportes públicos. Os dados apontam uma grande quantidade de veículos que acessam a região administrativa no período da manhã, sendo que no final da tarde esta tendência é invertida. Um sistema de transporte público com baixa emissão de poluentes, eficiente e integrado irá transferir parte dos usuários de veículos para o outro modal de transporte.

- Limitação à Circulação de Veículos Pesados

PLANO DE REDUÇÃO DE RUÍDOS - PRR

Essa restrição é indicada no caso de grande parte dos aglomerados populacionais, pois os veículos pesados emitem NPS mais elevados do que os leves. No caso da região de estudo, Área Central de Brasília, a adoção desta medida trará somente um pequeno impacto, pois o percentual de veículos pesados é aproximadamente 5%, sendo que o restante, 95%, corresponde aos veículos leves. Logo esta medida não é indicada nesse caso.

Em vias onde as velocidades são mais elevadas torna-se particularmente importante escolher corretamente uma superfície na qual o contato dos pneus dos veículos produza níveis de ruídos menores, uma vez que o aumento do nível sonoro em superfícies mais duras pode ser substancialmente maior do que em superfícies mais suaves. No caso da região de estudo a velocidade máxima das vias é de 60 Km/h, dependendo do tipo de pavimento adotado a alteração poderá ser pouco efetiva. Essa não é uma afirmação definitiva, estudos complementares nesse sentido são indicados. Além de medidas que visem melhorar a qualidade, quantidade e integração do transporte público, outros meios de deslocamentos, como bicicletas ou o estímulo de andar a pé, devem ser incentivados.

Segundo Afonso (2010), um aspecto fundamental no planejamento das áreas das cidades perto de vias geradoras de ruído é levar em conta o desenvolvimento e o uso do solo de forma a evitar conflitos de ruído. É possível atuar no planejamento das formas urbanas para redução do ruído no interior dos edifícios considerados sensíveis. Tal atuação pode consistir no aumento da distância entre a fonte ruidosa e o receptor, na modificação da orientação dos edifícios ou na colocação de edifícios de uso não sensível entre a fonte ruidosa e o receptor, funcionando desta forma como barreiras acústicas. Durante a fase de concepção e projeto pode-se prever quais serão as fachadas mais expostas ao ruído, e partir dessa informação realizar adequações no projeto de forma a minimizar os efeitos do ruído sobre os futuros residentes.

Segundo o mesmo autor, a construção de edifícios com uma forma paralela à estrada é preferível à construção perpendicular. Ao se construir paralelamente à via, apesar de se obter uma fachada com níveis sonoros mais elevados, também se permite que a fachada

PLANO DE REDUÇÃO DE RUÍDOS - PRR

oposta esteja orientada para uma área mais tranquila, podendo desta forma organizar-se a arquitetura da habitação tendo em vista a diferença de ruído, tentando-se colocar na zona mais calma as áreas mais sensíveis como os quartos de dormir e salas de estar.

É indicado, sempre que possível, localizar os edifícios de uso comercial, industrial, garagens ou qualquer uso não sensível perto das vias rodoviárias, colocando também espaços verdes e vegetação. Assim, é criada uma zona de proteção para os edifícios sensíveis que funciona como uma barreira, além da criação de mais espaços de lazer para a população.

De acordo com um dos princípios universais da acústica ambiental, as medidas de minimização de ruído desta natureza devem ser colocadas o mais próximo possível da fonte como forma de aumentar a sua eficácia. No entanto, antes de se instalar uma barreira acústica é preciso confirmar se uma atuação na fonte não será mais eficaz, nomeadamente pela redução de velocidade de circulação, pela alteração do pavimento por um menos ruidoso, etc. É indicado também testar a eficácia da implantação de barreiras acústicas através de simulações.

Os principais fatores determinantes na escolha de uma barreira e na sua eficácia são: distância entre a via geradora de ruído e a barreira, distância entre a barreira e o receptor, além do tipo e altura da barreira. Outros fatores que devem ser levados em conta: a intensidade e espectro do ruído a atenuar; as condições atmosféricas; propriedades de absorção da barreira entre outras. No caso da região de estudo, por ser uma área tombada pela UNESCO como patrimônio público da Humanidade, qualquer ação nesse sentido deverá ser precedida de consulta prévia ao IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

É comum encontrar indicações de utilização de vegetação (árvores) como barreira acústica, porém tal eficácia raramente é observada na prática. Na Tabela 10 a seguir é apresentada a atenuação sonora proporcionada por áreas de vegetação densa. O acréscimo de atenuação sonora devida à propagação através de densa vegetação só é significativa para espessuras superiores a 10 m e é muito mais importante para altas-frequências do que para as baixas frequências. Existe, porém um efeito psicológico positivo na colocação de

PLANO DE REDUÇÃO DE RUÍDOS - PRR

vegetação, pois se o receptor não tiver na sua linha de visão a fonte sonora mais facilmente se abstrai da sua existência (CARVALHO e ROCHA, 2008).

Tabela 10 – Atenuação sonora proporcionada por vegetação densa

Espessura da Vegetação EV(m)	31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Unidade
$10 \leq EV < 20$	0	0	0	1	1	1	1	2	3	dB
$20 \leq EV < 200$	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12	dB/m
$EV \geq 200$	4	4	6	8	10	12	16	18	24	dB

Fonte (CARVALHO e ROCHA, 2008), adaptado.

Segundo Carvalho e Rocha (2008) é possível considerar num plano de redução de ruído como último recurso e quando comprovadas como esgotadas as medidas de redução de ruído na fonte e no meio de propagação. A atuação passa pelo reforço do isolamento sonoro das fachadas dos edifícios ou por soluções estratégicas, que podem passar pela compra ou expropriação de terrenos. Mais detalhes dessas medidas estão na referência citada.

Em função do exposto acima é indicada a elaboração e implantação de um Plano de Redução de Ruído, construído conjuntamente com todas as partes interessadas.

Referências Bibliográficas

AFONSO, E. S. S. Critérios de priorização para intervenções ao nível dos PMRR, Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, 2010. Disponível em <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58907/1/000145655.pdf>> Acesso em 15 de setembro de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

APA. Agência Portuguesa do Meio Ambiente. Directrizes para Elaboração de Mapas de Ruído, V3 de dezembro de 2011a. Disponível em <http://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudosReferencia/DirectrizesMapasDez2011_todo_2.pdf> Acesso em 23 de abril de 2012.

APA. Agência Portuguesa do Meio Ambiente. Guia prático para medições de ruído ambiente, Outubro 2011b. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/_zdata/Divulgacao/Publicacoes/Guias%20e%20Manuais/GuiaPraticoparaMediesRuidoAmbiente.pdf> Acesso em 23 de abril de 2012.

BENTO E. F. M. A incomodidade do ruído: relações com o nível de exposição sonoro e identidade de lugar. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, 92pg, 2011.

CAVALCANTI, F. R. Eixo Rodoviário, 2006. Disponível em: <<http://doc.brazilia.jor.br/Vias/Eixo-Rodoviario.shtml>>. Acesso em 06 de nov. 2012.

CAVALCANTI, F. R. Via S1 - lado sul do Eixo Monumental. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://doc.brazilia.jor.br/Vias/Eixo-Monumental-via-S1.shtml>>. Acesso em 06 de nov. 2012.

COSTA, G. G. BRASÍLIA 50 ANOS: A Importância da Cartografia na Evolução Urbana do Distrito Federal, 1º. Simpósio de Cartografia Histórica, Paraty, maio de 2011.

CARVALHO, A. P. Oliveira de, ROCHA Cecília. Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído, 2008. Disponível em <www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas.../PMRR.pdf> Acesso em 06 de novembro de 2012.

CARVALHO JÚNIOR, E. B, GARAVELLI, S. L. and MAROJA, A. M. (2012) Análise dos efeitos do ruído aeronáutico em zonas residenciais circunvizinhas ao Aeroporto Internacional de Brasília. Journal of Transport Literature, vol. 6, n. 4, pp. 59-81.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DANTAS A. G. M. F. O sistema viário de Brasília e os problemas da integração de um novo bairro na cidade: o Ecovila Setor Noroeste. Revista Geográfica de América Central, Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica, 1-15, 2011.

DETRAN – Estatística de veículos, 2012. Disponível em <<http://www.detran.df.gov.br/o-detran/estatisticas-do-transito/frota-de-veiculos.html>> Acesso em 12 de outubro de 2012.

DIRETIVA 2002/49/EC. Relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Disponível em <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:PT:PDF>> Acesso em 17 de julho de 2009.

European Commission Working Group. Assessment of exposure to noise. Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure, Version 2; January 2006.

ECWG - European Commission Working Group. Position Paper On Dose-Effect Relationships for Night Time Noise, European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects, 2004. Disponível em <ec.europa.eu/.../noise/pdf/positionpaper.pdf>

DISTRITO FEDERAL. LEI No 4092 de 30 de Janeiro de 2008 - Republicação DODF 12/03/2008. Dispõe sobre o controle da Poluição Sonora e os limites máximos de intensidade de sons e ruídos resultados de atividades urbanas e rurais no Distrito Federal, 2008.

IBGE - Censo Populacional 2010. Censo Populacional 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (29 de novembro de 2010). Acesso em 06 de novembro de 2012.

SILVA D. R, GARAVELLI, S. L. Conforto Acústico na Cidade de Águas Claras – DF: Percepção dos Moradores. PLURIS, 5º Congresso Luso-Brasileiro Para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Brasília, DF, 2012.

WHO - Night Noise Guidelines for Europe, 2009. Disponível em <www.euro.who.int/document/e92845.pdf>. Acesso em 21 de Abril de 2010.